

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 septembre 2003 (12.09.2003)

PCT

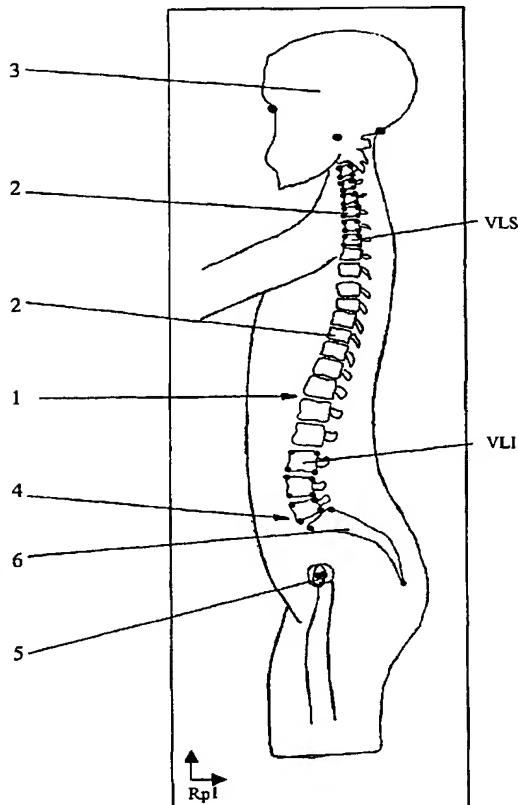
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/073946 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : A61B 17/58 (72) Inventeurs; et
(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR03/00694 (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : VIART, Guy [FR/FR]; 6, rue de Vaulx, F-62128 Saint Léger (FR). GALLARD, Emeric [FR/FR]; 102 rue Saint Maur, Batiment B/12, F-75011 Paris (FR).
(22) Date de dépôt international : 4 mars 2003 (04.03.2003)
(25) Langue de dépôt : français (74) Mandataire : GARIN, Etienne; Roosevelt Consultants, 109, rue Sully, BP 6138, F-69466 Lyon Cedex 06 (FR).
(26) Langue de publication : français
(30) Données relatives à la priorité : 02/02754 5 mars 2002 (05.03.2002) FR (81) États désignés (national) : AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF VIEWING AND CONTROLLING BALANCE OF THE VERTEBRAL COLUMN

(54) Titre : PROCÉDÉ DE VISUALISATION ET DE CONTRÔLE DE L'ÉQUILIBRE D'UNE COLONNE VERTÉBRALE



(57) Abstract: The invention relates to a method of viewing and controlling the balance of a vertebral column of which one spinal segment is corrected by means of conventional spinal instrumentation. The inventive method consists in: determining and calculating the relative three-dimensional position of the upper (UEV) and lower (LEV) end instrumented vertebrae of the corrected spinal segment; determining and calculating the position of the spinal segments which are located above and below the spinal segment corrected by the spinal instrumentation, according to the relative three-dimensional position of the upper (UEV) and lower (LEV) end instrumented vertebrae; and viewing the front and side projection of the balance or imbalance of the vertebral column.

(57) Abrégé : Le procédé de visualisation et de contrôle de l'équilibre de la colonne vertébrale dont un segment rachidien est corrigé par l'intermédiaire d'une instrumentation rachidienne connue en soi, caractérisé en ce qu'il consiste : - à déterminer et calculer la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé, - à déterminer et calculer, en fonction de la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI), la position des segments rachidiens se trouvant au-dessus et au-dessous du segment rachidien corrigé par l'instrumentation rachidienne, - et à visualiser l'équilibre ou le déséquilibre de la colonne vertébrale en projection de face et de profil.

WO 03/073946 A1



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCEDE DE VISUALISATION ET DE CONTROLE DE L'EQUILIBRE D'UNE COLONNE VERTEBRALE

5

La présente invention est relative à un procédé de visualisation et de contrôle de l'équilibre de la colonne vertébrale d'un patient.

10 Le procédé de visualisation et de contrôle suivant la présente invention est plus particulièrement destiné à la visualisation et au contrôle de l'équilibre de la colonne vertébrale d'un patient pendant une opération portant sur un segment rachidien corrigé au moyen d'une instrumentation rachidienne connue en soi.

15 Les instrumentations ou matériels d'ostéosynthèse connus à ce jour sont généralement constitués de vis d'ancrage osseux, de connecteurs fixés par les vis sur les corps vertébraux de chaque vertèbre et de tiges de liaison reliant les connecteurs entre eux. Parfois, les tiges de liaison sont déformées par le chirurgien pour pouvoir rétablir les courbures du segment rachidien à corriger.

20

La notion d'équilibre de la colonne vertébrale est assez complexe et est caractérisée par différents paramètres suivant les approches cliniques.

25 La plupart du temps les chirurgiens évaluent l'équilibre rachidien à la fois cliniquement et par prises de vues radiologiques.

Dans ce dernier cas, deux clichés radiographiques de grande taille (30cm x 90cm) sont effectués, l'un permettant de visualiser le profil de la colonne vertébrale du patient et l'autre la face.

30

Globalement, on considère que l'équilibre frontal de la colonne vertébrale du patient est obtenu à partir du moment où la première vertèbre thoracique (T1) est centrée par rapport au sacrum.

35 Quant à l'équilibre sagittal, on peut considérer qu'il est obtenu à partir du moment où les conduits auditifs externes se situent à la verticale des têtes fémorales.

40 Lorsque l'intervention chirurgicale sur la colonne vertébrale est nécessaire, le simple fait de fusionner des vertèbres entre-elles par l'intermédiaire d'une instrumentation peut engendrer chez le patient des troubles de l'équilibre post-opératoires.

45 L'objectif du chirurgien est bien évidemment dans un premier temps de réduire les courbures du rachis dans le cas d'une déformation rachidienne et/ou de fixer une zone qui sera dite instrumentée.

Dans un deuxième temps, le chirurgien doit faire en sorte que la zone instrumentée permette au patient de trouver ou retrouver son équilibre après l'opération, lorsque qu'il adoptera la position debout.

- 5 Les chirurgiens cherchent donc pendant l'opération à évaluer un éventuel équilibre ou déséquilibre post-opératoire chez le patient.

Actuellement, les chirurgiens ne disposent pas de systèmes leur permettant de savoir si le niveau instrumenté va permettre l'équilibre post-opératoire du patient.

10

Les chirurgiens recourent donc à la seule appréciation visuelle du segment instrumenté dans le champ opératoire. Certains utilisent un moyen radiographique (deux clichés Rx face + profil) leur permettant de visualiser de façon plus " large " la colonne vertébrale (des têtes fémorales jusqu'aux vertèbres cervicales).

15

Les chirurgiens peuvent alors apprécier non seulement le segment instrumenté mais également les segments sus et sous-jacents à l'instrumentation, et ce dans les plans frontaux et sagittaux.

20

Malheureusement, ces radiographies sont effectuées sur le patient en position couchée, sur la table d'opération, et par conséquent ne peuvent prédire de façon systématique le comportement de la colonne vertébrale opérée lorsque le patient retrouvera la position debout post-opératoire.

25

Le problème consiste en ce que le patient est allongé sur la table d'opération, et seules les vertèbres qui seront fusionnées sont dégagées par une voie d'abord classique postérieure.

30

Le chirurgien instrumente ces vertèbres, les fusionne mais ne peut apprécier la conséquence de cet acte chirurgical sur les segments sus et sous jacents qui bien évidemment s'adaptent à la nouvelle géométrie que le chirurgien donne au segment qu'il instrumente.

35

On constate que dans chaque instrumentation, il existe une vertèbre limite instrumentée supérieure (VLS) et une vertèbre limite instrumentée inférieure (VLI) qui sont respectivement liées naturellement aux vertèbres de la colonne vertébrale non instrumentée, qui se trouvent au dessus et au dessous de l'instrumentation.

40

C'est l'orientation du plateau supérieur de la première vertèbre instrumentée (VLS) par rapport au plateau inférieur de la dernière vertèbre instrumentée (VLI) qui va définir le comportement d'adaptation du segment sus-jacent et du segment sous-jacent.

45

C'est par conséquent la position relative des deux vertèbres limites instrumentées qui va conditionner la géométrie des segments sus et sous-jacent.

5 Le segment instrumenté se transforme en une grande vertèbre dont les "frontières" détermineront le comportement d'adaptation des segments sus et sous-jacents et donc conditionneront l'équilibre ou le déséquilibre post-opératoire du patient en position debout.

10 Le procédé suivant la présente invention a pour objet de déterminer l'équilibre de la colonne vertébrale en s'intéressant aux deux vertèbres extrêmes de l'instrumentation (VLS et VLI).

Le procédé suivant la présente invention permet de voir sur un écran de contrôle la colonne virtuelle du patient en position debout après opération.

15 Pour cela, il faut effectuer des mesures sur les vertèbres limites instrumentées (VLS et VLI).

Les mesures effectuées uniquement sur ces vertèbres permettront de limiter le temps de mesure, toujours trop long dans ces opérations souvent fastidieuses.

20 A partir des mesures effectuées sur les vertèbres limites instrumentées, des algorithmes de calcul permettent de projeter sur les radiographies préopératoires du patient les possibilités d'équilibre du patient debout en post-opératoire.

25 Ainsi, la présente invention prévoit un procédé de visualisation et de contrôle de l'équilibre de la colonne vertébrale dont un segment rachidien est corrigé par l'intermédiaire d'une instrumentation rachidienne connue en soi, **caractérisé en ce qu'il consiste :**

- 30 - à déterminer et calculer la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé par l'intermédiaire de points ou contours anatomiques identifiés ou digitalisés sur les radiographies du patient à traiter,
- 35 - à déterminer et calculer en fonction de la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI), la position des segments rachidiens se trouvant au dessus et au dessous du segment rachidien corrigé par l'instrumentation rachidienne, par l'intermédiaire de points ou contours anatomiques identifiés ou digitalisés sur les radiographies du patient à traiter,
- 40 - et à visualiser l'équilibre ou le déséquilibre de la colonne vertébrale (1) en position verticale et en projection de face et de profil.

45 Selon un mode de réalisation de la présente invention, la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé est obtenue à partir d'une première reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel de la géométrie de l'enveloppe ou le contour externe des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) et d'une seconde reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel de la surface de l'arc postérieur des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI).

- 5 Selon un mode de réalisation de la présente invention, les premières et secondes étapes de reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel permettent de déterminer, dans un espace visuel tridimensionnel, la position relative des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé.
- 10 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste en ce que les vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé sont projetées sur les radiographies de face et de profil du patient à traiter.
- 15 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste en ce que la projection de face et de profil des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé permet de déterminer la position sur les radiographies de face et de profil des segments rachidiens se trouvant au dessus et au dessous du segment rachidien corrigé, et de visualiser sur les radiographies de face et de profil l'allure de la colonne vertébrale reconstituée.
- 20 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à identifier ou digitaliser pour chaque vertèbre de la colonne vertébrale, au moins quatre points délimitant un rectangle reproduisant le corps vertébral.
- 25 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à identifier ou digitaliser les points qui correspondent aux repères radiologiques utilisés, pour définir l'équilibre de la tête du patient par rapport au bassin.
- 30 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à identifier ou digitaliser pour la tête au moins, dix points permettant de repérer le contour externe de la tête.
- 35 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à identifier ou digitaliser pour le bassin au moins les points anatomiques définissant le centre de chaque tête fémorale et le plateau sacré.
- 40 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à identifier ou digitaliser pour le bassin, au moins cinq points dont un pour la tête fémorale et au moins trois pour le sacrum, afin de former un triangle.
- 45 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à incruster des points digitalisés sur les radiographies du patient.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste, à partir des radiographies sagittales et frontales du patient, à reconstruire en trois dimensions la forme géométrique des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI).

5

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à déterminer la position géométrique linéaire et angulaire de la vertèbre limite inférieure (VLI), reconstruite par rapport aux radiographies de face et de profil.

10

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à projeter les vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) sur les radiographies de face et de profil.

15

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé de visualisation et de contrôle consiste à incruster dans les radiographies, la projection des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) l'une par rapport à l'autre, en effectuant un recalage de la projection de la vertèbre limite inférieure (VLI).

20

Les caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivant des modes de réalisation particuliers faits à titre non limitatif en relation avec les figures annexées.

25

La figure 1 représente une radiographie sagittale d'un patient debout, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier le bassin et les têtes fémorales.

30

La figure 2 illustre une radiographie sagittale d'un patient debout en flexion cervicale, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier la tête, les vertèbres sus jacentes à l'instrumentation et la vertèbre limite supérieure instrumentée (VLS).

35

La figure 3 montre une radiographie sagittale d'un patient debout en extension cervicale, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier la tête, les vertèbres sus jacentes à l'instrumentation et la vertèbre limite supérieure instrumentée (VLS).

40

La figure 4 représente une radiographie sagittale d'un patient assis en flexion lombaire, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier le bassin, les vertèbres sous jacentes à l'instrumentation et la vertèbre limite inférieure (VLI) instrumentée.

45

La figure 5 représente une radiographie sagittale d'un patient assis en extension lombaire, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier le bassin, les vertèbres sous jacentes à l'instrumentation et la vertèbre limite inférieure (VLI) instrumentée.

La figure 6 illustre une radiographie frontale d'un patient debout, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier le bassin et les têtes fémorales.

La figure 7 montre une radiographie frontale d'un patient couché en inflexion latérale à gauche, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier la tête, les vertèbres sus et sous jacentes à l'instrumentation, les vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) instrumentées, le bassin et les têtes fémorales.

La figure 8 représente une radiographie frontale d'un patient couché en inflexion latérale à droite, sur laquelle des points anatomiques sont digitalisés pour identifier la tête, les vertèbres sus et sous jacentes à l'instrumentation, les vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) instrumentées, le bassin et les têtes fémorales.

La figure 9 illustre la radiographie de la figure 1 dans laquelle ont été incrustés les points anatomiques digitalisés dans les radiographies des figures 4 et 5, ceci après mise en correspondance des échelles et ajustement par rapport au bassin.

La figure 10 montre la radiographie de la figure 6 dans laquelle ont été incrustés les points anatomiques digitalisés dans les radiographies des figures 7 et 8, (uniquement ceux représentant le bassin, les vertèbres sous jacentes à l'instrumentation, et la vertèbre limite inférieure (VLI) instrumentée), ceci après mise en correspondance des échelles et ajustement par rapport au bassin.

La figure 11 illustre la radiographie de la figure 9 dans laquelle a été incrustée la projection des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) en effectuant un recalage de la vertèbre limite inférieure (VLI) instrumentée.

La figure 12 montre la radiographie de la figure 10 dans laquelle a été incrustée la projection des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) en effectuant un recalage de la vertèbre limite inférieure (VLI) instrumentée.

La figure 13 représente la radiographie de la figure 11 dans laquelle ont été incrustés les points digitalisés sur la radiographie des figures 2 et 3 (tête, vertèbres sus jacentes et vertèbres limites supérieures (VLS) instrumentées), en effectuant un recalage de la vertèbre limite supérieure (VLS) instrumentée.

La figure 14 illustre la radiographie de la figure 12 dans laquelle ont été incrustés les points digitalisés sur la radiographie des figures 7 et 8 (tête, vertèbres sus jacentes et vertèbres limites supérieures (VLS) instrumentées), en effectuant un recalage de la vertèbre limite supérieure (VLS) instrumentée.

❖ PREMIERE ETAPE DU PROCEDE

La première étape du procédé consiste à identifier ou digitaliser des points ou contours anatomiques sur les radiographies du patient à traiter.

Ainsi pour chaque vertèbre 2 de la colonne vertébrale 1, il est nécessaire d'identifier au moins quatre points. Ces derniers délimitent un rectangle reproduisant le corps vertébral.

- 5 Pour la tête 3, il est nécessaire d'identifier les points anatomiques qui correspondent habituellement aux repères radiologiques utilisés pour définir l'équilibre de la tête 3 du patient par rapport à son bassin 4.

- 10 Pour la tête 3, il peut être nécessaire d'identifier, mais de manière non limitative, au moins dix points qui permettent de repérer le contour externe de la tête.

Pour le bassin 4, il est nécessaire d'identifier au moins les points anatomiques définissant le centre de chaque tête fémorale 5 et le sacrum 6.

- 15 Pour le bassin 4, il est nécessaire d'identifier au moins cinq points dont un par tête fémorale 5 et au moins trois pour le sacrum 6 afin de former un triangle.

On note que les coordonnées en deux dimensions (x, y) de chaque point sont connues dans le repère lié à la radiographie numérisée.

20

Cette première étape est illustrée sur chacune des figures 1 à 8.

❖ DEUXIEME ETAPE DU PROCEDE

- 25 La seconde étape du procédé consiste à incruster les points digitalisés sur les radiographies des figures 4 et 5 dans la radiographie de la figure 1.

- 30 Lors de cette incrustation des points ou contours digitalisés, il est nécessaire d'ajuster l'échelle entre les radiographies et de superposer les points définissant le bassin 4 par recalage (figure 9).

Egalement, il est procédé à l'incrutation des points digitalisés sur les radiographies des figures 7 et 8 dans la radiographie de la figure 6.

- 35 Les points ou contours digitalisés concernent plus particulièrement ceux représentant le bassin 4, les vertèbres 2 sous jacentes à l'instrumentation, et la vertèbre limite inférieure (VLI) instrumentée. Il est prévu dans cette étape du procédé une mise en correspondance des échelles et un ajustement ou recalage des points ou contour par rapport au bassin 4 (figure 10).

40

❖ TROISIEME ETAPE DU PROCEDE

- 45 Cette étape consiste, à partir des radiographies sagittales (figure 1) et frontales (figure 6), en une reconstruction en trois dimensions de la forme géométrique des vertèbres 2 et plus particulièrement des vertèbres limites instrumentées à savoir :

- la vertèbre limite supérieure (VLS),
- et la vertèbre limite inférieure (VLI).

Cette étape consiste également à déterminer la position géométrique linéaire et angulaire de la vertèbre limite inférieure (VLI) reconstruite par rapport aux radiographies de face et de profil (positionnement du patient par rapport aux films (Rx) lors de la prise des clichés radiographiques).

5

Lors de cette étape il est nécessaire de matérialiser des repères géométriques à savoir :

- 10 - un repère trois dimensions est associé à la géométrie trois dimensions de la vertèbre limite supérieure (VLS).
- un repère trois dimensions est associé à la géométrie trois dimensions de la vertèbre limite supérieure (VLI).
- un repère deux dimensions est associé à la projection de la forme géométrique de la vertèbre limite supérieure (VLI) sur la radiographie de profil (figure 1).
- 15 - un repère deux dimensions est associé à la projection de la forme géométrique de la vertèbre limite supérieure (VLI) sur la radiographie de face (figure 6).

❖ QUATRIEME ETAPE DU PROCEDE

- 20 Cette étape consiste à reconstruire dans un espace visuel tridimensionnel la géométrie de l'enveloppe ou le contour externe des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI).

- 25 Lors de cette étape, il est prévu une seconde reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel de la surface de l'arc postérieur des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI).

❖ CINQUIEME ETAPE DU PROCEDE

- 30 Cette étape consiste à projeter les vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) sur les radiographies de face et de profil grâce aux relations établies entre les repères trois dimensions et deux dimensions définis lors de la troisième étape.

- 35 Cette étape consiste également à incruster dans les radiographies des figures 9 et 10 la projection des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) l'une par rapport à l'autre en effectuant un recalage de la projection de la vertèbre limite inférieure (VLI) sur les deux positions qu'occupe cette vertèbre dans les radiographies des figures 9 et 10.

40

Les figures 11 et 12 illustrent cette étape.

❖ SIXIEME ETAPE DU PROCEDE

- 45 Cette étape consiste à incruster dans la radiographie de la figure 11 les points ou contours digitalisés sur les radiographies des figures 2 et 3 en ajustant l'échelle entre les radiographies et en effectuant un recalage par rapport à la vertèbre limite supérieure (VLS).

De la même manière, les points ou contours digitalisés sur les radiographies des figures 7 et 8 sont incrustés dans la radiographie de la figure 12, en ajustant l'échelle entre les radiographies et en effectuant un recalage par rapport à la vertèbre limite supérieure (VLS).

5

Les figures 13 et 14 illustrent cette étape.

❖ **SEPTIEME ETAPE DU PROCEDE**

- 10 Cette étape consiste, à partir des résultats obtenus lors des étapes précédentes :
- à déterminer et calculer la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé ,
 - à déterminer et calculer en fonction de la position relative tridimensionnelle des
- 15 vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) la position des segments rachidiens se trouvant au dessus et au dessous du segment rachidien corrigé par l'instrumentation rachidienne,
- et à visualiser l'équilibre ou le déséquilibre de la colonne vertébrale 1 en projection de face et de profil.

20

On note que pour la réalisation de la quatrième étape, cette dernière peut être, par exemple, réalisée à partir d'émetteur / capteur trois dimensions pourvus d'un stylo palpeur permettant la reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel du contour externe et de la surface de l'arc postérieur des vertèbres limites

25 supérieures (VLS) et inférieures (VLI).

En outre, la mise en œuvre du procédé de l'invention fait appel à des techniques de traitement numérique d'images dont la réalisation pratique est à la portée de l'homme du métier.

30

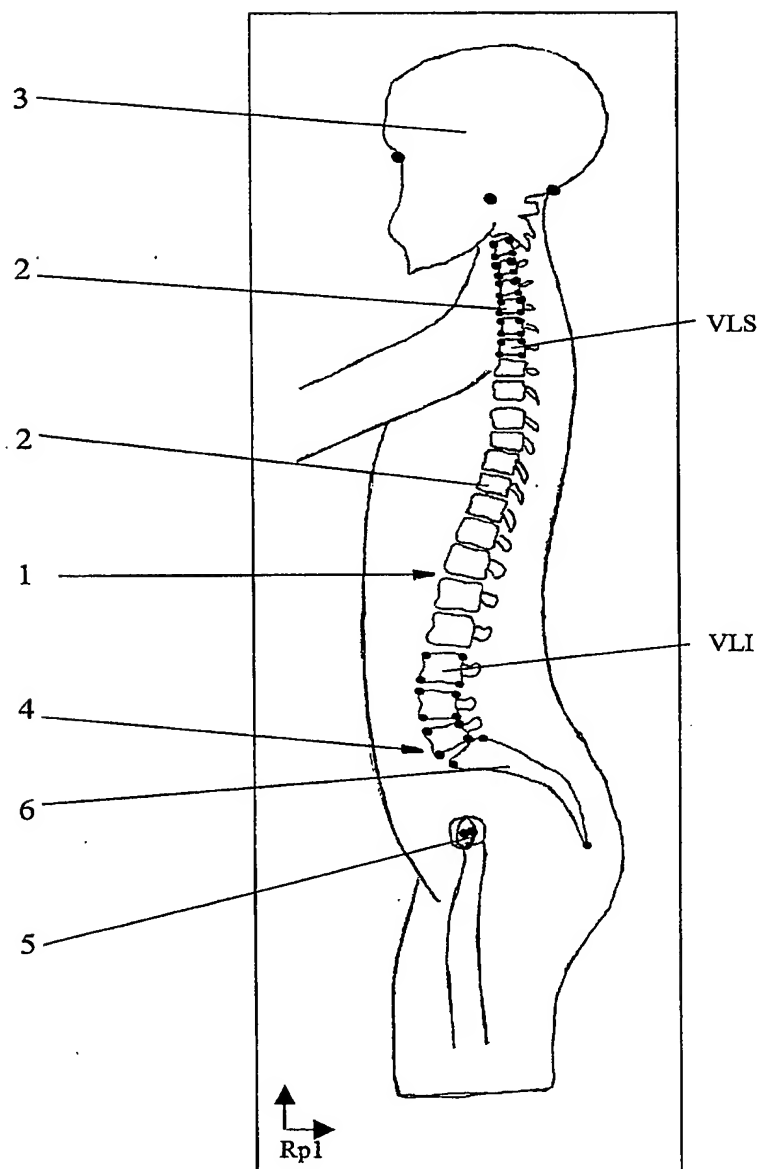
Cette mise en œuvre est réalisée à partir d'un système de traitement d'images pour permettre la visualisation des résultats et de la position relative en projection de face et de profil des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé par l'intermédiaire de

35 l'instrumentation rachidienne.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé de visualisation et de contrôle de l'équilibre de la colonne vertébrale dont un segment rachidien est corrigé par l'intermédiaire d'une instrumentation rachidienne connue en soi, **caractérisé en ce** qu'il consiste :
- 10 - à déterminer et calculer la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé par l'intermédiaire de points ou contours anatomiques identifiés ou digitalisés sur les radiographies du patient à traiter,
- 15 - à déterminer et calculer en fonction de la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI), la position des segments rachidiens se trouvant au dessus et au dessous du segment rachidien corrigé par l'instrumentation rachidienne, par l'intermédiaire de points ou contours anatomiques identifiés ou digitalisés sur les radiographies du patient à traiter,
- 20 - et à visualiser l'équilibre ou le déséquilibre de la colonne vertébrale (1) en position verticale et en projection de face et de profil.
- 25 2. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la position relative tridimensionnelle des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé est obtenue à partir d'une première reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel de la géométrie de l'enveloppe ou le contour externe des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) et d'une seconde reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel de la surface de l'arc postérieur des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI).
- 30 3. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 2, **caractérisé en ce que** les premières et secondes étapes de reconstruction dans un espace visuel tridimensionnel permettent de déterminer dans un espace visuel tridimensionnel la position relative des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé.
- 35 4. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 3, **caractérisé en ce que** les vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé sont projetées sur les radiographies de face et de profil du patient à traiter.
- 40 5. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 3, **caractérisé en ce que** la projection de face et de profil des vertèbres limites instrumentées supérieures (VLS) et inférieures (VLI) du segment rachidien corrigé permet de déterminer la position sur les radiographies de face et de profil des segments rachidiens se trouvant au dessus et au dessous du segment rachidien corrigé,
- 45 et de visualiser sur les radiographies de face et de profil l'allure de la colonne vertébrale reconstituée.

- 5 6. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à identifier ou digitaliser pour chaque vertèbre de la colonne vertébrale, au moins quatre points délimitant un rectangle reproduisant le corps vertébral.
- 10 7. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à identifier ou digitaliser les points qui correspondent aux repères radiologiques utilisés pour définir l'équilibre de la tête du patient par rapport au bassin.
- 15 8. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 7, **caractérisé en ce** qu'il consiste à identifier ou digitaliser pour la tête au moins dix points permettant de repérer le contour externe de la tête.
- 20 9. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à identifier ou digitaliser pour le bassin au moins les points anatomiques définissant le centre de chaque tête fémorale et le plateau sacré.
- 25 10. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 9, **caractérisé en ce** qu'il consiste à identifier ou digitaliser pour le bassin, au moins cinq points dont un par tête fémorale et au moins trois pour le sacrum afin de former un triangle.
- 30 11. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à incruster des points digitalisés sur les radiographies du patient.
- 35 12. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste, à partir des radiographies sagittales et frontales du patient, à reconstruire en trois dimensions la forme géométrique des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI).
- 40 13. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à déterminer la position géométrique linéaire et angulaire de la vertèbre limite inférieure (VLI) reconstruite par rapport aux radiographies de face et de profil.
- 45 14. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à projeter les vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) sur les radiographies de face et de profil.
15. Procédé de visualisation et de contrôle suivant la revendication 1, **caractérisé en ce** qu'il consiste à incruster dans les radiographies la projection des vertèbres limites supérieures (VLS) et inférieures (VLI) l'une par rapport à l'autre en effectuant un recalage de la projection de la vertèbre limite inférieure (VLI).

**Figure 1**

2/12

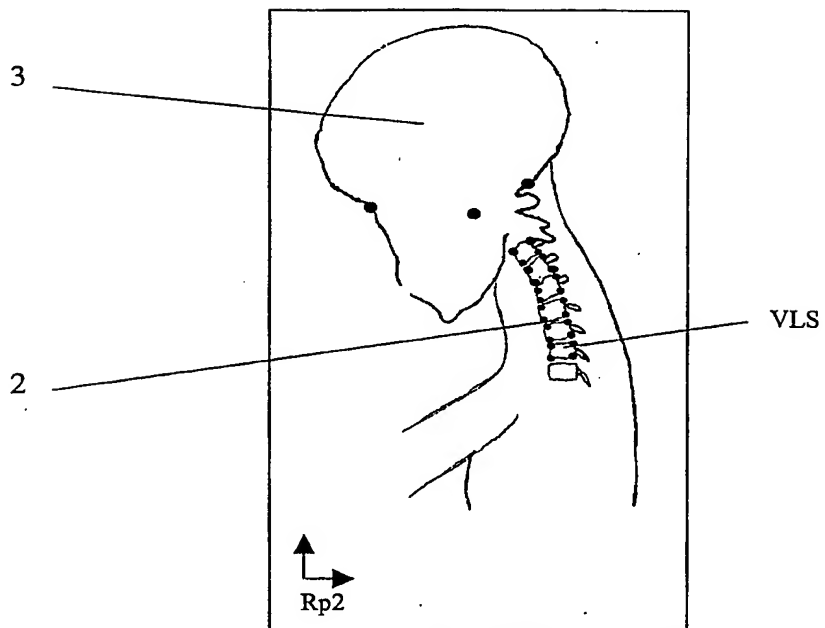


Figure 2

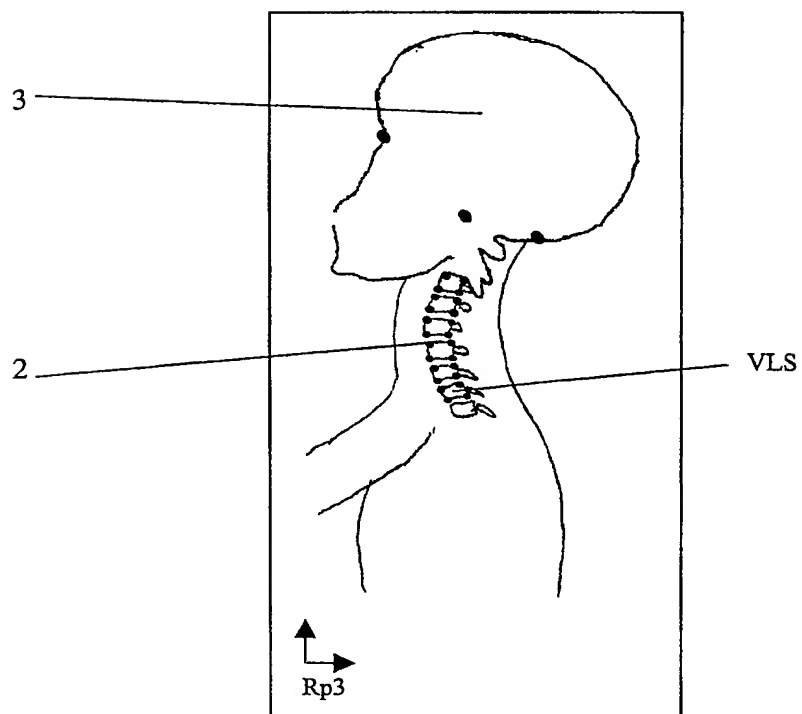


Figure 3

10/506564

3/12

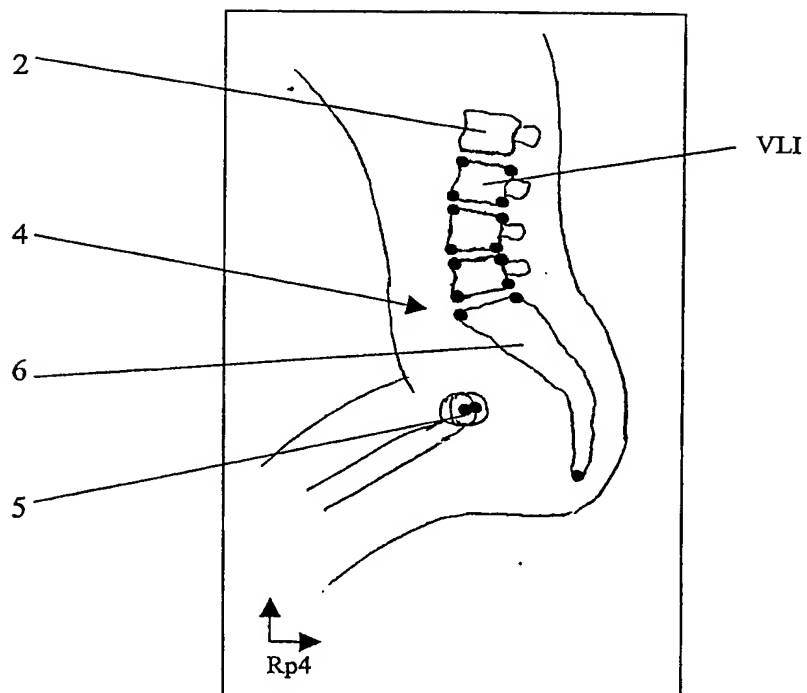


Figure 4

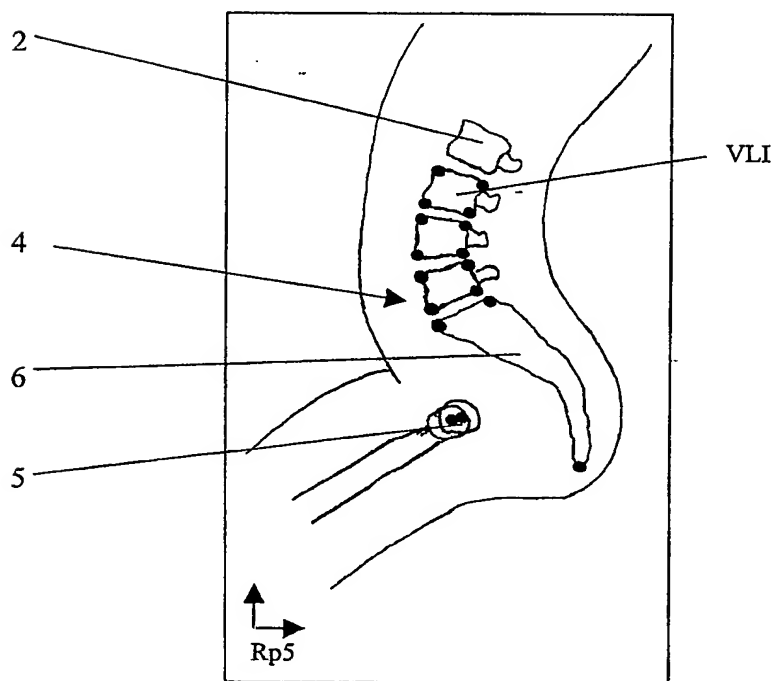


Figure 5

4/12

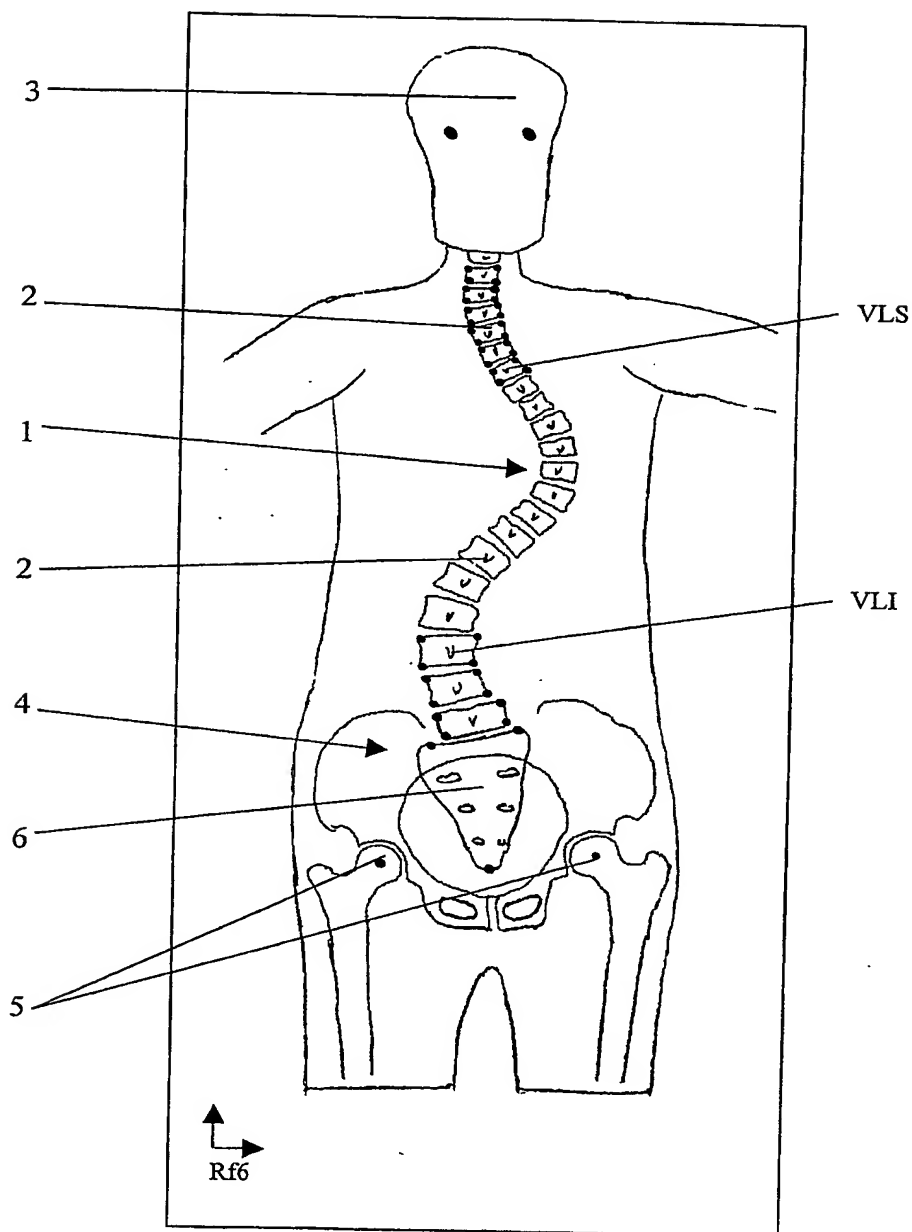
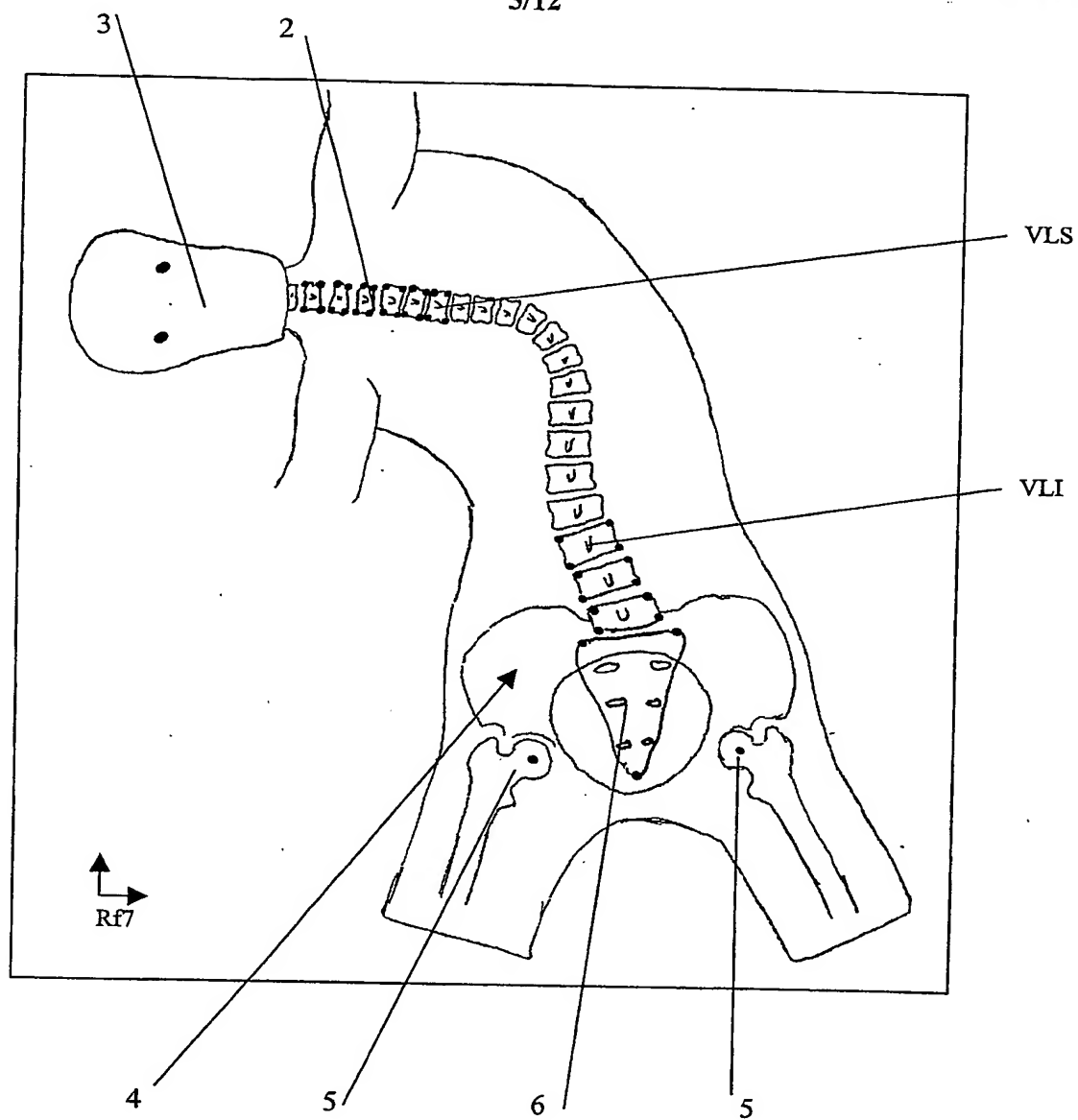


Figure 6

**Figure 7**

6/12

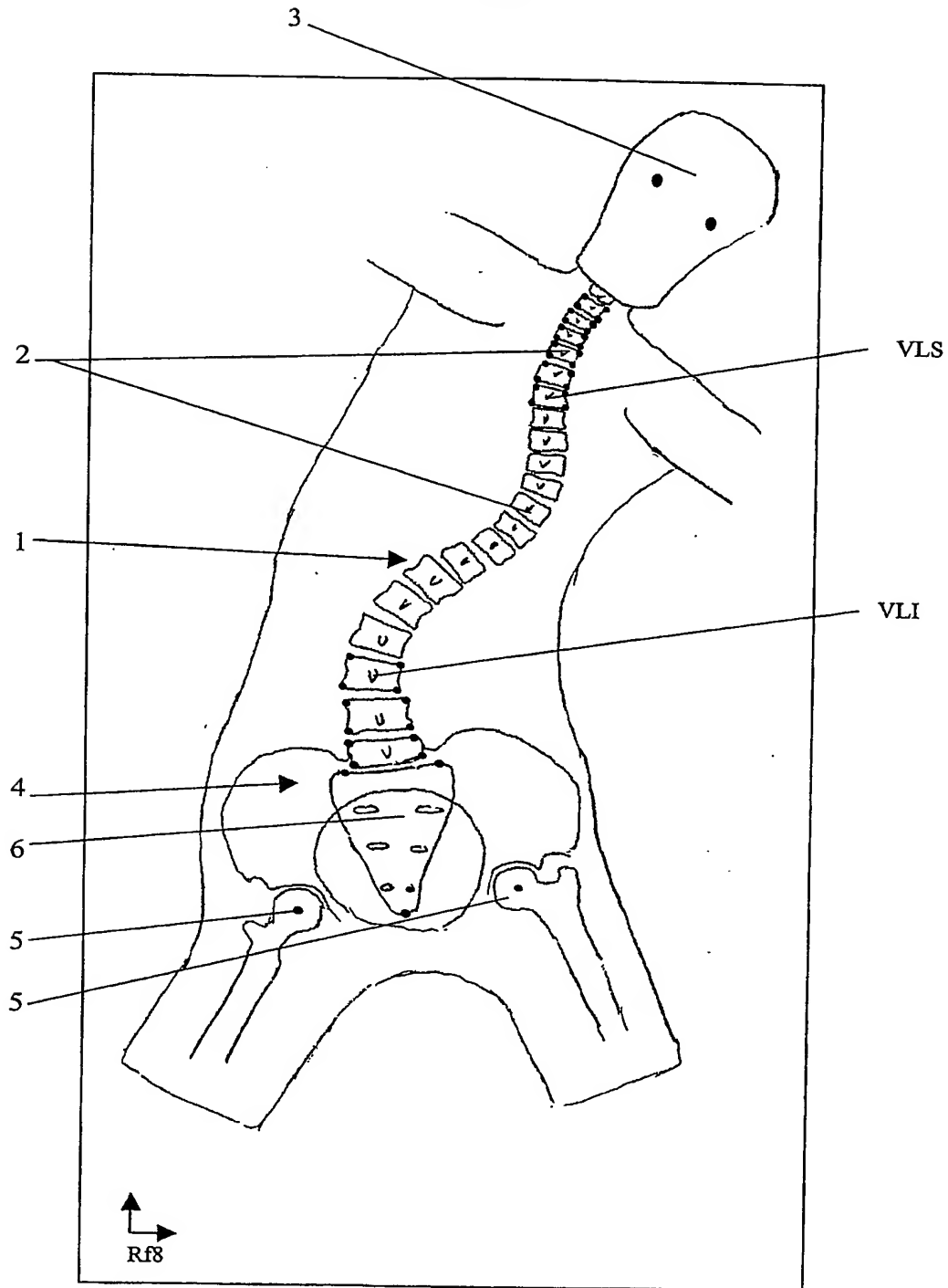


Figure 8

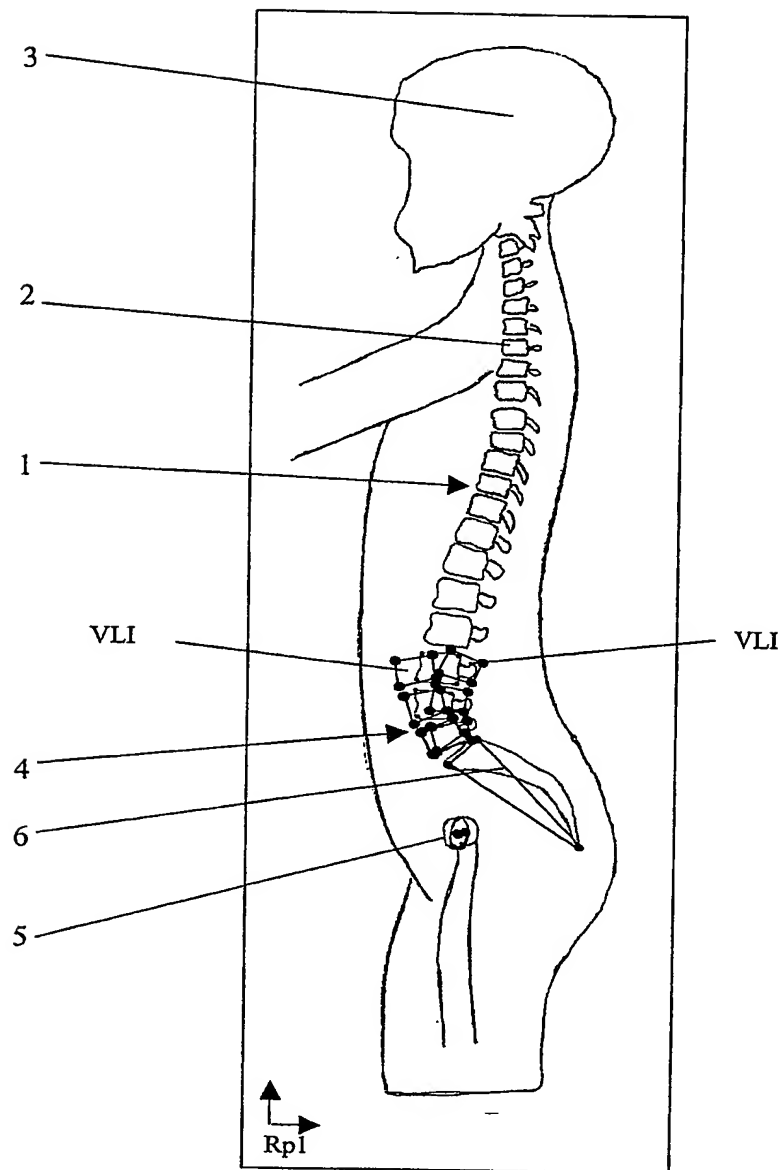
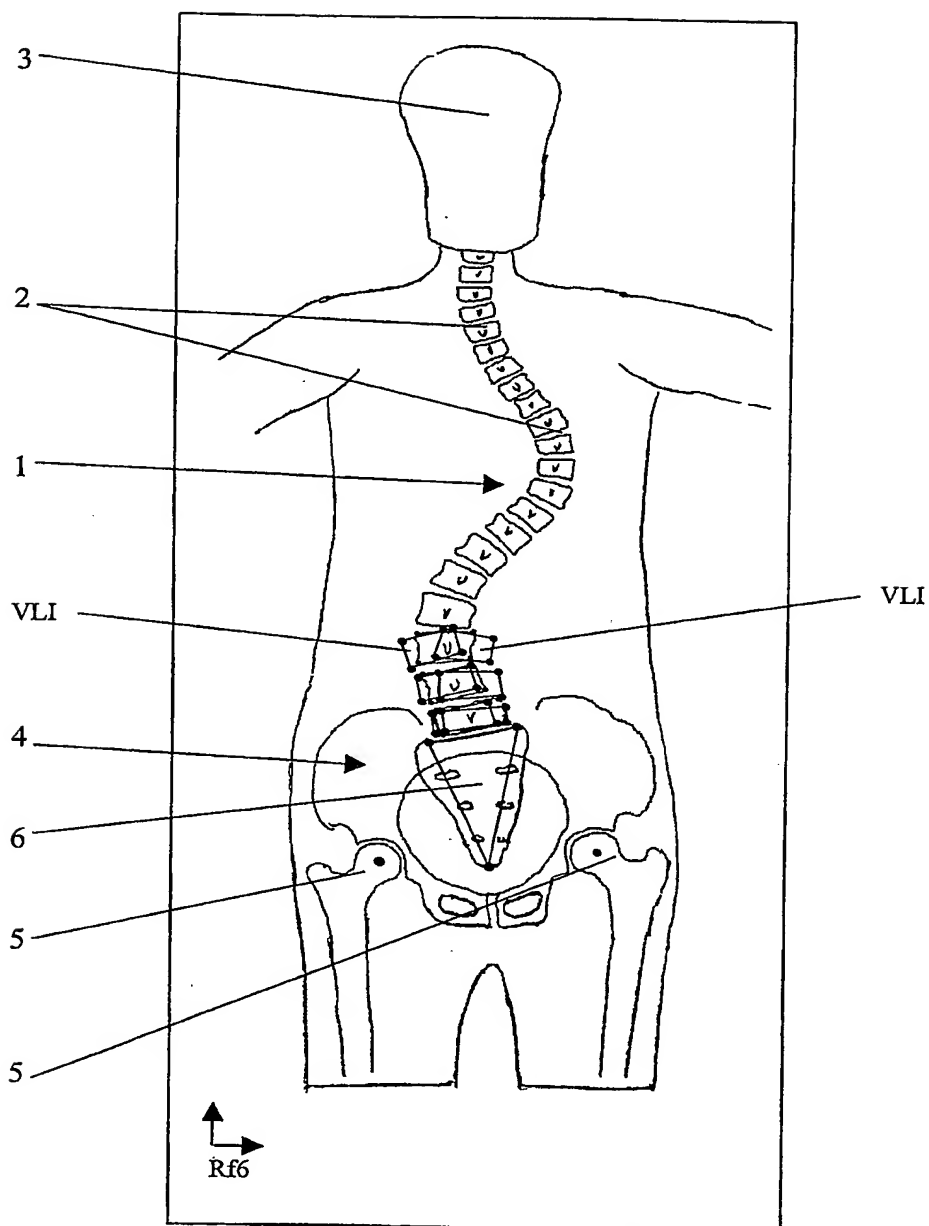


Figure 9

**Figure 10**

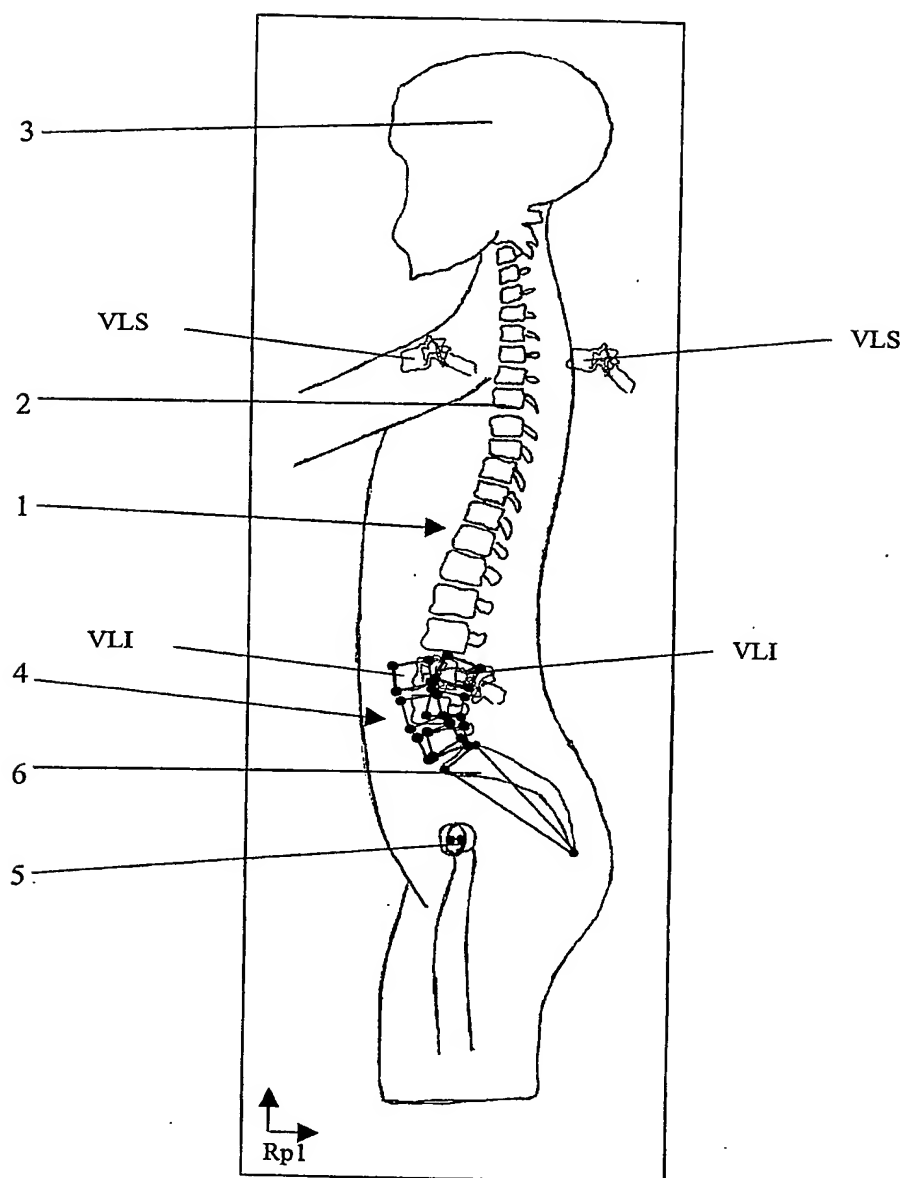


Figure 11

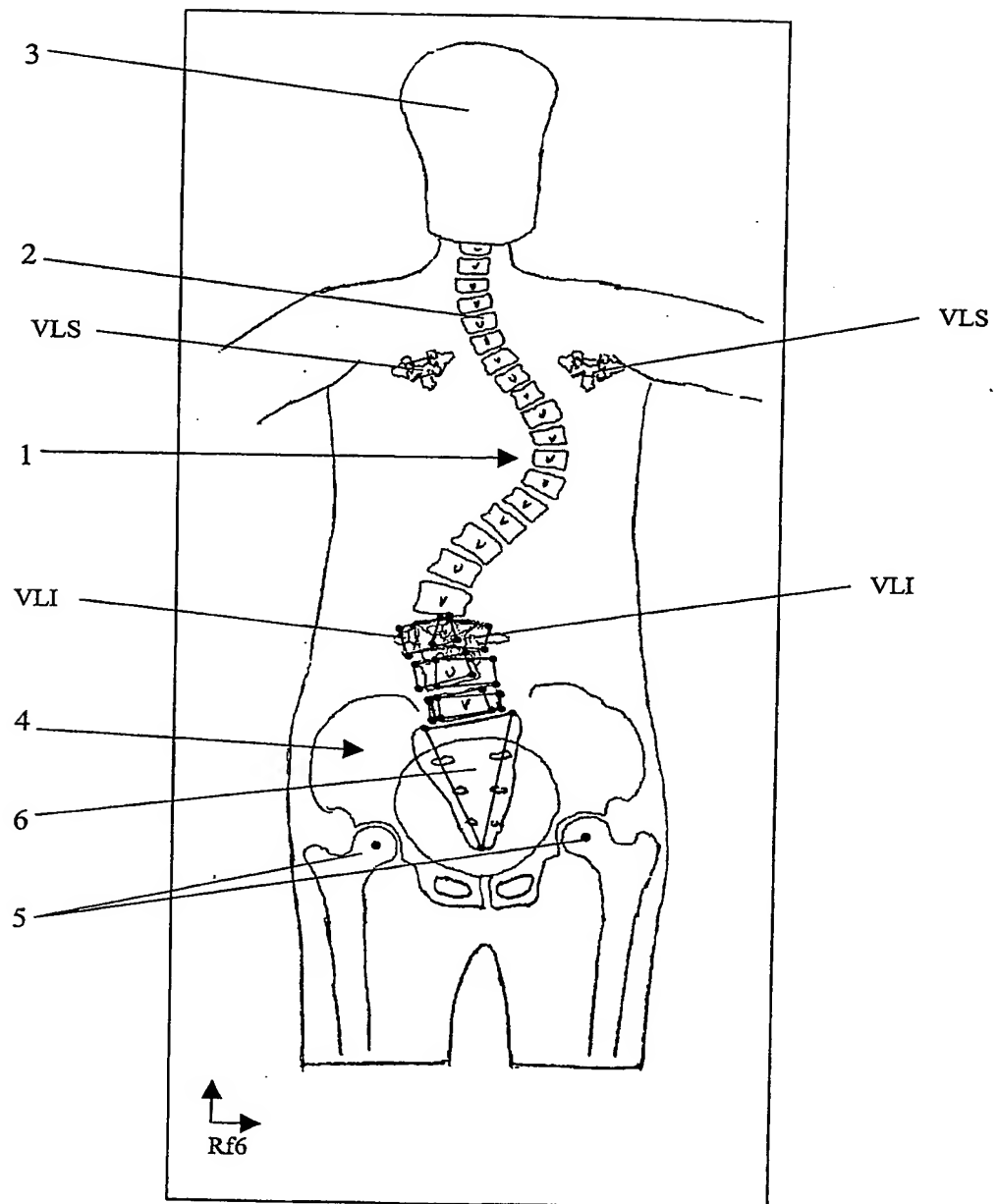


Figure 12

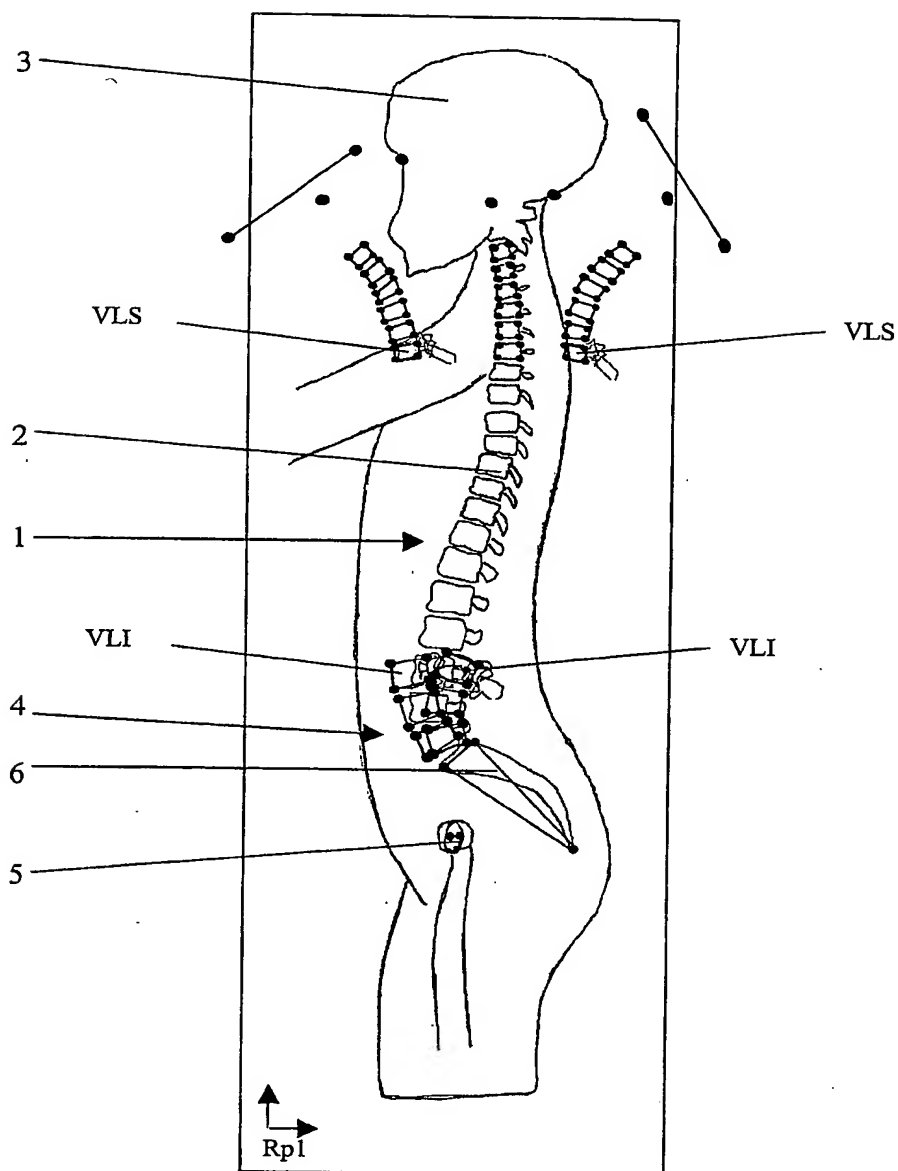


Figure 13

12/12

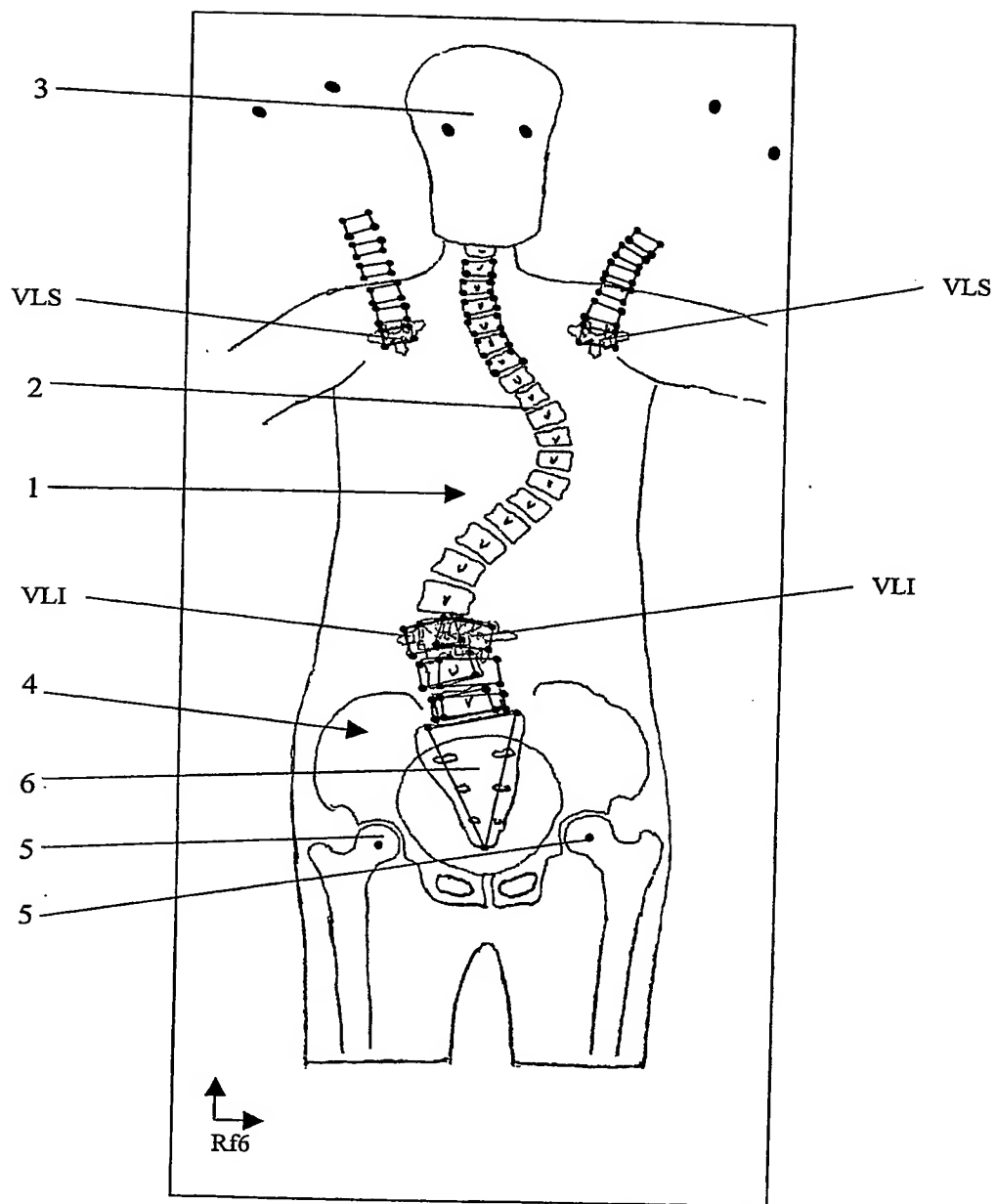


Figure 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/TK 03/00694

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 A61B17/58

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 A61B G06F G06T H05G G03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, EMBASE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BENLI I T ET AL: "Frontal and sagittal balance analysis of late onset idiopathic scoliosis treated with third generation instrumentation." THE KOBE JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES. JAPAN DEC 2001, vol. 47, no. 6, December 2001 (2001-12), pages 231-253, XP002232453 ISSN: 0023-2513 ---	
A	WO 00 22572 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELETRONICS) 20 April 2000 (2000-04-20) ---	
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 August 2003

Date of mailing of the international search report

08/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nice, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No
PCT/FR 03/00694

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KAUFFMANN C ET AL: "DIGITAL RADIOGRAPHY SEGMENTATION OF SCOLIOTIC VERTEBRAL BODY USING DEFORMABLE MODELS" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 3034, no. PART 1/2, 1997, pages 243-251, XP000869811 ----	
A	US 6 301 495 B1 (GUEZIAC ANDRE ET KALVIN ALAN DAVID) 9 October 2001 (2001-10-09) ----	
A	US 5 291 537 A (MAZESS RICHARD B) 1 March 1994 (1994-03-01) ----	
A	US 5 582 186 A (WIEGAND RAYMOND A) 10 December 1996 (1996-12-10) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No
PCT/ 03/00694

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0022572	A	20-04-2000	WO 0022572 A1	20-04-2000
			EP 1046133 A1	25-10-2000
			JP 2002527833 T	27-08-2002
US 6301495	B1	09-10-2001	CA 2300245 A1	27-10-2000
US 5291537	A	01-03-1994	US 5228068 A	13-07-1993
			WO 9406351 A1	31-03-1994
			US 6160866 A	12-12-2000
			US 5509042 A	16-04-1996
			US 6038281 A	14-03-2000
			US 5533084 A	02-07-1996
			US 5577089 A	19-11-1996
			US 5673298 A	30-09-1997
			US 5745544 A	28-04-1998
			US 5841833 A	24-11-1998
			US 5841832 A	24-11-1998
			AU 667127 B2	07-03-1996
			AU 4854593 A	12-04-1994
			CA 2123432 A1	31-03-1994
			DE 69325790 D1	02-09-1999
			DE 69325790 T2	30-12-1999
			EP 0611290 A1	24-08-1994
			EP 0783869 A1	16-07-1997
			JP 2719444 B2	25-02-1998
			JP 6511184 T	15-12-1994
			US 5305368 A	19-04-1994
			US 6081582 A	27-06-2000
			US RE36162 E	23-03-1999
			US 5287546 A	15-02-1994
US 5582186	A	10-12-1996	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/00694

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 A61B17/58

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 A61B G06F G06T H05G G03B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, EMBASE

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>BENLI I T ET AL: "Frontal and sagittal balance analysis of late onset idiopathic scoliosis treated with third generation instrumentation." THE KOBE JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES. JAPAN DEC 2001, vol. 47, no. 6, décembre 2001 (2001-12), pages 231-253, XP002232453 ISSN: 0023-2513</p> <p style="text-align: center;">---</p>	
A	<p>WO 00 22572 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELETRONICS) 20 avril 2000 (2000-04-20)</p> <p style="text-align: center;">---</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	

X Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

¹ document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

'L' document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

'O' document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

^T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y) document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

'8' document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 août 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Nice, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Deman: rnative No

PCT/rk 03/00694

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	KAUFFMANN C ET AL: "DIGITAL RADIOGRAPHY SEGMENTATION OF SCOLIOTIC VERTEBRAL BODY USING DEFORMABLE MODELS" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 3034, no. PART 1/2, 1997, pages 243-251, XP000869811 ----	
A	US 6 301 495 B1 (GUEZIAN ANDRE ET KALVIN ALAN DAVID) 9 octobre 2001 (2001-10-09) ----	
A	US 5 291 537 A (MAZESS RICHARD B) 1 mars 1994 (1994-03-01) ----	
A	US 5 582 186 A (WIEGAND RAYMOND A) 10 décembre 1996 (1996-12-10) -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs au

brevets de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/00694

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0022572	A	20-04-2000	WO 0022572 A1	20-04-2000
			EP 1046133 A1	25-10-2000
			JP 2002527833 T	27-08-2002
US 6301495	B1	09-10-2001	CA 2300245 A1	27-10-2000
US 5291537	A	01-03-1994	US 5228068 A	13-07-1993
			WO 9406351 A1	31-03-1994
			US 6160866 A	12-12-2000
			US 5509042 A	16-04-1996
			US 6038281 A	14-03-2000
			US 5533084 A	02-07-1996
			US 5577089 A	19-11-1996
			US 5673298 A	30-09-1997
			US 5745544 A	28-04-1998
			US 5841833 A	24-11-1998
			US 5841832 A	24-11-1998
			AU 667127 B2	07-03-1996
			AU 4854593 A	12-04-1994
			CA 2123432 A1	31-03-1994
			DE 69325790 D1	02-09-1999
			DE 69325790 T2	30-12-1999
			EP 0611290 A1	24-08-1994
			EP 0783869 A1	16-07-1997
			JP 2719444 B2	25-02-1998
			JP 6511184 T	15-12-1994
			US 5305368 A	19-04-1994
			US 6081582 A	27-06-2000
			US RE36162 E	23-03-1999
			US 5287546 A	15-02-1994
US 5582186	A	10-12-1996	AUCUN	